

Jurnal Manajemen Hutan Tropika Vol. 6 No. 2 : 55-70 (2000)

Artikel (Article)

**DETEKSI KONDISI HUTAN PASKA KEBAKARAN MELALUI
CITRA MULTISENSOR MOS-MESSR DAN LANDSAT TM :
Studi Kasus di areal PT. MHP Sumatera Selatan
OF (DETECTION POST-FIRE FOREST CONDITION BY USING
MULTISENSOR MOS-MESSR AND LANDSAT TM :
*A case study in the Area of Musi Hutan Persada Co.Ltd., South
Sumatera*)**

I NENGAH SURATI JAYA¹⁾, ENDANG PUJIASTUTI²⁾, dan M. BUCE SALEH³⁾

ABSTRACT

This paper presents how the multisensor MOS-MESSR and Landsat Thematic Mapper (TM) should be manipulated as tools for detecting land cover changes. Radiometric correction using image regression was recognized as useful approach to adjust pixel brightness value of MOS-MESSR. In this study, the standardized MPC showed comparable accuracy, similar to DMC method. Using this technique forest changes due to fire as well as land clearing were well recognized. Some recommendations and suggestions for improving classification accuracy of change detection using multisensor MOS-MESSR and Landsat TM were drawn up from this study.

PENDAHULUAN

Saat ini penggunaan data penginderaan jauh bukanlah sesuatu yang sulit. Hampir setiap tempat dipermukaan bumi ini direkam setiap periodik oleh berbagai sensor satelit sumberdaya alam. Pada saat ini beberapa satelit komersial sumberdaya yang cukup potensial untuk digunakan dibidang kehutanan adalah MOS-MESSR, Thematic Mapper (TM), SPOT, JERS-1, IRS-D, ERS-1, Radarsat dan IKONOS. Perbedaan Resolusi spasial, temporal, spektral dan radiometrik dari citra tersebut menyebabkan perlunya pengetahuan tentang teknik pemanfaatan citra secara benar untuk menghasilkan informasi yang optimal. Perkembangan teknologi sensor ini harus pula diimbangi dengan penelitian pada berbagai bidang yang menyangkut pemanfaatan citra yang dihasilkan oleh sensor yang berbeda. Pengetahuan tentang perbedaan sensitivitas sensor, (resolusi radiometrik), resolusi spektral dan resolusi spasial serta teknik koreksinya sangat diperlukan oleh setiap pengguna data satelit.

Berangkat dari asumsi bahwa (1) perbedaan kondisi atmosfer seperti kabut, posisi matahari dari awan menyebabkan perbedaan reflektansi obyek; (2) perbedaan sensitivitas

¹⁾ Staf pengajar dan peneliti, Lab. Inventarisasi Sumberdaya Hutan, Fakultas Kehutanan IPB, Kampus IPB Darmaga, Po. Box 168 Bogor

²⁾ Alumni Fakultas Kehutanan IPB

³⁾ Staf pengajar dan peneliti, Lab. Perencanaan Hutan, Fakultas Kehutanan IPB, Kampus IPB Darmaga, Po. Box 168 Bogor

sensor untuk menerima aliran radiasi (*flux radiant*) menyebabkan adanya perbedaan nilai kecerahan (*brightness value*) dari obyek, penulis mencoba melakukan penelitian menggunakan sensor MOS-MESSR dan Landsat TM untuk mendeteksi perubahan penutupan hutan, khususnya yang disebabkan oleh kebakaran.

Studi ini bertujuan untuk mengetahui (1) apakah multisensor MOS-MESSR dan TM mampu memberikan informasi yang cukup teliti untuk mendeteksi kebakaran hutan khususnya dan penutupan lahan pada umumnya, dan (2) apakah teknik transformasi citra dengan analisis komponen utama mampu memberikan informasi yang akurat.

METODE

Lokasi

Studi kasus ini dilakukan di wilayah HPHTI PT. Musi Hutan Persada, yaitu di Unit VII, Unit VIII, dan Unit IX wilayah Kesatuan Hutan Benakat. Secara geografis, lokasi ini terletak antara 103°29' 46,67" BT dan 103°44' 54,67" BT; dan antara 03°13' 10,00" LS dan 03°26' 18,33" LS; dan secara administrasi pemerintahan, daerah tersebut termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Musi Rawas, Kabupaten Musi Banyu Asin dan Kabupaten Muara Enim.

Kondisi vegetasi

Sebagian besar vegetasi di wilayah studi merupakan Hutan Tanaman Industri (HTI) kelas perusahaan utama *Acacia mangium*. Sampai dengan akhir tahun 1997 di seluruh wilayah PT. Musi Hutan Persada telah terdapat 190,891 Ha tanaman *A. mangium* yang terdiri dari beberapa tahun tanam dari tahun 1990/1991 sampai dengan tahun 1996/1997.

Musim kemarau yang berkepanjangan pada tahun 1997 telah menyebabkan kebakaran hutan besar-besaran dan merupakan kebakaran terbesar yang pernah terjadi di lokasi penelitian. Menurut laporan kepada Kanwil Departemen Kehutanan Sumatera Selatan tahun 1998, kebakaran di wilayah PT. Musi Hutan Persada mulai terjadi pada bulan Juni 1997 sampai Januari 1998. Frekuensi kebakaran pada bulan Juli, Agustus, dan September 1997 masing-masing adalah 5,179 dan 224 kali. Setiap kejadian kebakaran rata-rata terjadi pada siang sampai sore hari.

Waktu penelitian

Pemeriksaan lapangan dilakukan sekitar 4 bulan setelah kebakaran yaitu pada bulan April – Juni 1998 di areal HPHTI PT. Musi Hutan Persada (MHP), Propinsi Sumatera Selatan. Pengolahan data mulai bulan Oktober 1998 di Laboratorium Fisik Penginderaan Jauh, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.

Bahan dan alat

Citra multiwaktu yang digunakan adalah citra MOS-MESSR rekaman tanggal 17 Mei 1992 (800 x 1200 piksel) dan citra Landsat TM rekaman tanggal 18 Agustus 1997 (850 x 850 piksel). Peta areal kerja PT. MHP skala 1 : 100.000 peta garis bentuk skala 1 : 50.000 dan peta tematik skala : 20.000 digunakan sebagai rujukan dalam rangka penetapan lokasi

training area di lapangan. Data lain berupa laporan kejadian kebakaran hasil wawancara dan data kerusakan akibat kebakaran hutan yang dikumpulkan dari kegiatan lapangan sebagai rujukan dalam proses analisis data.

Pada studi ini, data diolah pada perangkat keras komputer pribadi dengan *software* ILWIS 2.1 (*Integrated Land and Water Information System*).

Metode studi

Secara garis besarnya, studi ini meliputi beberapa tahap sebagai berikut :

Kriteria kerusakan tegakan

Kerusakan tegakan pada studi ini dikelompokkan dengan kriteria sebagai berikut : (a) terbakar ringan, jika $I < 20\%$; (b) terbakar sedang, jika $20\% \leq I < 50\%$; (c) terbakar berat, jika $50\% \leq I < 80\%$; dan (d) terbakar sangat berat, jika $I \geq 80\%$. Intensitas kerusakan (I) dihitung dengan rumus (Salim, 1993 dalam Boer, 1984).

Koreksi radiometrik

Secara garis besar kesalahan radiometrik disebabkan oleh 2 faktor, yaitu kesalahan respon detektor dan pengaruh atmosfer (Jaya, 1997). Koreksi radiometrik pada penelitian ini terutama ditujukan untuk memperbaiki kesalahan yang disebabkan oleh perbedaan kondisi atmosfer pada saat perekaman. Sebagaimana yang dicoba oleh Jaya *et. al.*, (1996) koreksi radiometrik ini mampu menjastifikasi nilai kecerahan (*brightness value*) dari piksel citra landsat TM yang direkam pada waktu yang berbeda.

Justifikasi dilakukan dengan cara meregresikan nilai digital (*digital number*/DN) dari areal-areal *no change* pada setiap band MESSR dan TM yang memiliki daerah panjang gelombang yang sama (Tabel 1).

Tabel 1. Perbandingan karakteristik band-band pada citra Landsat TM dan MOS-MESSR.

Daerah Panjang Gelombang	Band Landsat TM (λ)	Band MOS-MESSR (λ)
Biru	1:0,45 – 0,52 μm	
Merah	2:0,52 – 0,60 μm	1:0,51 – 0,59 μm
Hijau	3:0,63 – 0,69 μm	2:0,61 – 0,69 μm
Inframerah dekat	4:0,76 – 0,90 μm	3:0,73 – 0,80 μm
Inframerah sedang	5:1,55 – 1,75 μm	4:0,80 – 1,10 μm
	7:2,08 – 2,35 μm	
Inframerah ternal	6:10,4 – 12,5 μm	

Sumber : Jaya, 1997

Berdasarkan kesamaan daerah panjang gelombang, maka DN MESSR band 1 diregresikan dengan TM band 2, MESSR band 2 dengan TM band 3, MESSR band 3 dan band 4 masing-masing diregresikan dengan TM band 4. Persamaan regresi yang dihasilkan dari proses tersebut sebagai berikut :

- $TM2 = 29,5575 + 0,465253 \text{ MESSR1}$
- $TM3 = 27,8433 + 0,673306 \text{ MESSR2}$

- $TM4 = 28,2615 + 0,739270 \text{ MESSR3}$
- $TM4 = 0,837763 + 2,82230 \text{ MESSR4}$

Selanjutnya, dari persamaan regresi yang telah dihasilkan dibuat 4 citra MESSR baru yang terjustifikasi dan memiliki nilai DN areal *no change* yang seragam.

Koreksi geometrik

Pada studi ini untuk interpolasi spasial digunakan 10 GCP (*Ground Control Point*) dengan persamaan transformasi orde 1 (*affine*). *Root Mean Squared Error* (RMSE) dari persamaan transformasi yang digunakan pada citra TM dan MOS berturut-turut sebesar 0,474 dan 0,424 piksel. Selanjutnya interpolasi intensitas dilakukan *resampling* dengan metode *nearest neighbour* dengan ukuran 30 m x 30 m. Metode ini dipilih karena interpolasi intensitas dilakukan tanpa mengubah nilai piksel asalnya.

Metode deteksi perubahan penutupan lahan

Metode deteksi yang dievaluasi pada studi ini adalah metode sebagaimana diulas oleh Jaya (1996 & 1997) terdiri dari :

Klasifikasi multiwaktu secara langsung/KML (Direct Multidate Classification/DMC)

Metode KML secara langsung mengkombinasikan data asli citra MESSR dan TM dari band-band yang sama. Dalam penelitian ini, digunakan 3 band MESSR dan 3 band TM dengan kombinasi sebagai berikut :

- TM band 2-3-4 + MESSR band 1-2-3, selanjutnya disebut 'DMC 123'
- TM band 2-3-4 + MESSR band 1-2-4, selanjutnya disebut 'DMC 124'

Komponen utama multiwaktu 6-dimensi (6-dimensional multitemporal principal component, 6-d MPC)

Dengan metode ini data citra MESSR tahun 1992 dan TM tahun 1998 digabung sebagai satu set data dan selanjutnya ditransformasi dengan Analisis Komponen Utama Multiwaktu (*Multitemporal Principal Component Analysis, MPC*).

Komponen utama tidak terstandarisasi (Unstandardized MPC)

- *unstandardized* MPC TM band 2-3-4 + MESSR band 1-2-3, selanjutnya disebut 'MPC-RP 123'
- *unstandardized* MPC TM band 2-3-4 + MESSR band 1-2-4, selanjutnya disebut 'MPC-RP 124'

Komponen utama terstandarisasi (Standardized MPC)

- *standardized* MPC TM band 2-3-4 + MESSR band 1-2-3, selanjutnya disebut 'MPC-K 123'
- *standardized* MPC TM band 2-3-4 + MESSR band 1-2-4, selanjutnya disebut 'MPC-K 124'

Citra komponen utama (PC) yang merangkum informasi areal yang berubah dan yang tidak berubah, dipilih melalui penerapan konsep *Stable Greenness*, (SG), *Stable brightness*

(SB), *Delta Greenness* (DG), dan *Delta Brightness* (DB) dengan menganalisa *eigenvector* dari setiap yang komponen utama dihasilkan (Jaya, 1996).

Kelas-kelas penutupan lahan

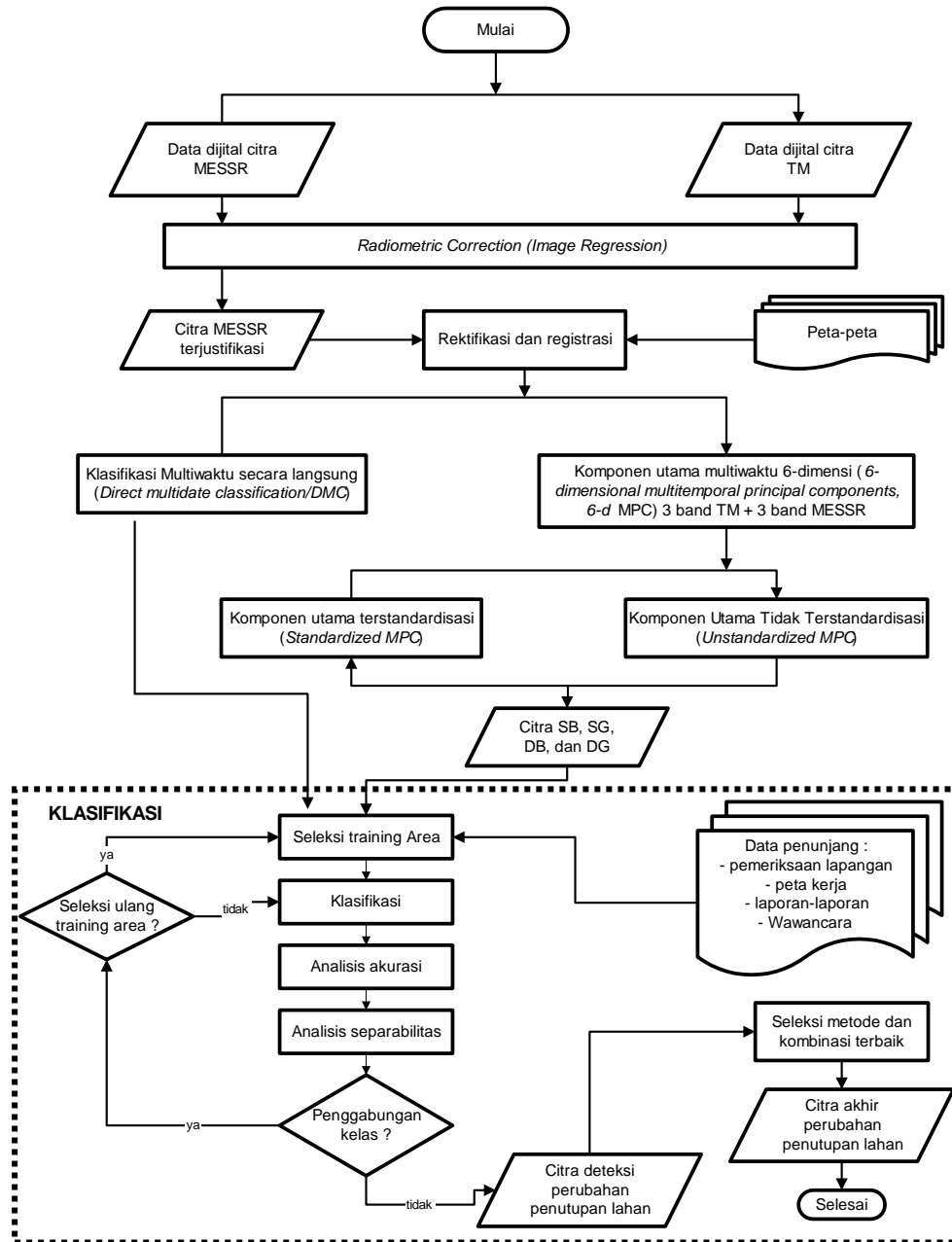
Setiap tipe penutupan lahan yang dapat diidentifikasi diambil contoh pikselnya sebagai dasar pembuatan areal contoh. Kelas-kelas perubahan penutupan lahan yang dibuat pada studi ini adalah sebagai berikut :

No.	Deskripsi perubahan	Kode
	Dari → Ke	
1.	Hutan alam → daerah pemukiman	<i>ha-pm</i>
2.	Hutan alam → hutan alam terbakar sedang	<i>ha-tbs</i>
3.	Hutan alam → hutan alam terbakar berat/padang rumput/alang-alang	<i>ha/tbb/pr/al</i>
4.	Hutan alam → hutan tanaman umur muda/semak	<i>ha-tm/s</i>
5.	Hutan alam → hutan tanaman umur sedang	<i>ha-ts</i>
6.	Hutan alam → hutan tanaman umur sedang yang terbakar	<i>ha-tsb</i>
7.	Semak/hutan tanaman umur muda → hutan tanaman umur sedang	<i>s/tm-ts</i>
8.	Semak/hutan tanaman umur muda → hutan tanaman umur tua	<i>s/tm-tt</i>
9.	Hutan tanaman umur sedang → semak terbakar/hutan tanaman umur muda terbakar/lahan terbuka	<i>ts-sb/tmb/lt</i>
10.	Hutan tanaman umur sedang → hutan tanaman tua terbakar	<i>ts-ttb</i>
11.	<i>No change</i> (areal tidak berubah)	

Klasifikasi, evaluasi akurasi dan analisis separabilitas

Metode klasifikasi yang digunakan adalah metode kemungkinan maksimum (*maximum likelihood classifier*) berdasarkan areal contoh (*training area*) yang telah ditetapkan sebelumnya.

Selanjutnya, evaluasi akurasi dilakukan dengan menguji klasifikasi piksel-piksel areal contoh (*training area*) menggunakan matriks kesalahan (*confusion matrix*). Nilai akurasi yang dievaluasi mencakup : (*Producer's Accuracy* (PA), *User's Accuracy* (UA), *Overall Accuracy* (OA), dan *Kappa accuracy* (K)). Separabilitas antar kelas diukur dengan metode *Transformed Divergence* (TD) dengan kriteria : < 1.600 (tidak terpisah), 1.601 – 1.699 (jelek), 1.700 – 1.899 (sedang), 1.900 – 1.999 (baik), dan 2000 (sangat baik) (Jaya, 1996). Secara skematis, tahapan penelitian ini dirangkum pada diagram alir sebagaimana disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir langkah kerja penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Penutupan Lahan

Hasil pengamatan lapangan memberikan gambaran bahwa secara umum di lokasi penelitian dijumpai areal-areal hutan tanaman bekas terbakar. Areal ini tersebar merata di semua unit pengelolaan HTI di wilayah penelitian. INTENSITAS KEBAKARAN YANG AGAK TINGGI sebagian besar terletak di dekat jalan utama, jalan cabang dan/atau di daerah-daerah dengan aksesibilitas yang cukup tinggi dan terjadi hampir pada semua tahun tanam. Selain areal hutan tanaman terbakar, ditemukan pula tipe penutupan lahan yang lain, seperti hutan alam, pemukiman, semak, dll. Tipe-tipe penutupan lahan dan kondisinya dapat digambarkan sebagai berikut :

1. Hutan alam

Hutan alam di wilayah penelitian terdiri dari campuran beberapa jenis tanaman dengan tajuk yang cukup rapat dan sedikit tumbuhan bawah. Dari hasil analisis vegetasi, potensi rata-rata di areal ini sebesar 523,16 m³/Ha. Areal ini termasuk ke dalam kawasan konservasi.

2. Hutan tanaman umur muda

Hutan ini terdiri dari tegakan *Acacia mangium* berumur 0 - < 2 tahun dengan tinggi 1-3 m (tingkat semai dan pancang) dan tumbuhan bawah yang sangat rapat terutama pada petak tanaman umur 1 tahun ke atas.

3. Hutan tanaman umur sedang

Hutan ini adalah tegakan *A. mangium* berumur 2 - < 5 tahun, tinggi > 1,3 m dan diameternya < 20 cm (tingkat tiang) dengan kerapatan tumbuhan bawah sedang. Potensi rata-rata areal ini sebesar 257,9559 m³/Ha

4. Hutan tanaman umur tua

Hutan ini adalah tegakan *A. mangium* berumur 5-8 tahun, tinggi > 1,3 m, dan diameter batang > 20 cm dengan tumbuhan bawah yang jarang. Areal ini memiliki potensi sebesar 424,81 m³/Ha.

5. Semak

Merupakan tumbuhan kecil sampai sedang, berkayu, tidak mempunyai batang yang jelas dan banyak cabang dengan tinggi 0,5 – 5 m.

6. Rumput/alang-alang

Merupakan tumbuhan kecil tidak berkayu dan tanpa batang yang jelas di permukaan tanah dengan tinggi 0,5 – 2 m. Penutupan lahan ini banyak dijumpai pada areal hutan alam terbakar berat.

7. Pemukiman

Merupakan daerah tempat tinggal penduduk dimana terdapat aktivitas manusia. Daerah ini terdapat di sekitar hutan dan biasanya dikelilingi oleh ladang/kebun

8. Hutan alam terbakar sedang

Hutan alam yang terbakar mempunyai tingkat kerusakan pohon dan tiang akibat kebakaran rata-rata sebesar $\pm 30\%$. Pohon terbakar pada bagian pangkal dan sebagian batang, lantai hutan rapat oleh tumbuhan bawah dan semai. Potensinya diperkirakan sebesar 405,08 m³/Ha.

9. Hutan alam terbakar berat

Hutan alam yang terbakar berat mempunyai kerusakan cukup tinggi, dimana hampir sebagian besar pohon-pohon yang ada mati. Berdasarkan analisis vegetasi, tingkat kerusakan rata-rata akibat kebakaran pada tingkat pohon dan tiang sebesar $\pm 52\%$. Pohon-pohon tersebut masih berdiri tetapi hanya tinggal batang dan ranting yang kering serta beberapa pohon roboh. Hutan ini memiliki potensi rata-rata sebesar 89,38 m³/Ha.

10. Hutan tanaman umur muda terbakar

Merupakan tegakan *A. mangium* muda yang terbakar dengan tingkat kerusakan sangat berat ($> 80\%$) dan hampir seluruh tanaman yang ada terbakar habis.

11. Hutan tanaman umur sedang yang terbakar

Hutan ini adalah bekas areal tegakan *A. mangium* berumur sedang yang terbakar dengan tingkat kerusakan $\pm 64\%$ dan potensi rata-rata 127,0075 m³/Ha.

12. Hutan tanaman umur tua terbakar

Tegakan ini adalah tegakan *A. mangium* berumur tua bekas terbakar dengan tingkat kerusakan akibat kebakaran sebesar $\pm 32\%$ dan potensi rata-rata sebesar 332,5875 m³/Ha.

Dari hasil pengamatan terhadap kondisi pohon-pohon di atas, dapat diketahui bahwa kebakaran hutan yang terjadi adalah kebakaran permukaan (*surface fire*) yang diikuti oleh kebakaran tajuk (*crown fire*).

Klasifikasi multiwaktu secara langsung (*direct multistate classification, DMC*)

Pada studi ini diketahui bahwa penggunaan citra MESSR baik band 3 maupun band 4 memberikan ketelitian klasifikasi yang sama. Kappa *accuracy* dari kedua kombinasi, DMC 123 dan DMC 124 persis sama, yaitu 99,76%. Dari 11 kelas yang ada, semuanya dapat diklasifikasi dengan sangat baik dengan prosedur dan user accuracy berkisar antara 98% s/d 100%. Baik pada DMC 123 maupun DMC 124 sedikit konfusi terjadi pada kelas *ha-pm* dan *ha-tsb*, dimana piksel kelas *ha-pm* masuk ke dalam kelas *ha-tm/s* dan piksel kelas *ha-tsb* diklasifikasikan ke kelas *ha-tbs*. Matriks kesalahan dari DMC 123 atau DMC 124 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Matrik kesalahan akurasi kombinasi TM band 2-3-4 dan MESSR band 1-2-3 dengan metode DMC (DMC 123) atau kombinasi TM band 2-3-4 dan MESSR band 1-2-4 dengan metode DMC (DMC 124)

Kelas	Diklasifikasi ke kelas												Total	PA
	ha-	ha-	ha-	ha-	ha-	ha-	s/tm-	tm/s-	ts-	ts-	no-		Baris	(%)
	pm	tbs	tbb/pr/al	tm/s	ts	tsb	ts	tt	sb/tmb/lt	ttb	change			
ha-pm	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	98,4
ha-tbs	0	131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	131	100,0
ha-tbb/pr/al	0	0	116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	116	100,0
ha-tm/s	0	0	0	134	0	0	0	0	0	0	0	0	134	100,0
ha-ts	0	0	0	0	132	0	0	0	0	0	0	0	132	100,0
ha-tsb	0	0	0	0	0	126	0	0	0	0	0	0	127	99,2
s/tm-ts	0	0	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0	120	100,0
tm/s-tt	0	0	0	0	0	0	0	132	0	0	0	0	132	100,0
ts-sb/tmb/lt	0	0	0	0	0	0	0	0	128	0	0	0	128	100,0
ts-ttb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113	0	0	113	100,0
no-change	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130	0	130	100,0
Total kolom	120	131	116	134	132	126	120	132	128	113	130	0	1382	
UA (%)	100,0	99,2	100	98,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0	99,8	
Overall Accuracy						99,78%								
Kappa Accuracy						99,76%								

Separabilitas, juga menunjukkan bahwa penggunaan MESSR band 3 atau band 4 dalam kombinasinya dengan TM dan MESSR tidak menunjukkan perbedaan. Hampir semua kelas yang didefinisikan dapat dipisahkan dengan sangat baik, dengan nilai TD lebih besar dari 1999.

Komponen utama multiwaktu (*multitemporal principal component, MPC*)

Enam *principal component* (PC) yang diturunkan dari matriks ragam-peragam (*unstandardized MPC*), baik kombinasi TM band 2-3-4 dengan MESSR 1-2-3 (MPC-RP 123) maupun dengan MESSR band 1-2-4 (MPC-RP 124) menghasilkan sumbu-sumbu baru yang memenuhi kriteria, yaitu PC1 (SB), PC3 (SG), dan PC4 (DB) Tabel 3.

Dari perhitungan ketelitian klasifikasi (Tabel 7 dan 8), terlihat bahwa nilai Kappa dari kombinasi yang menggunakan citra MESSR band 4 (MPC-RP 124) lebih tinggi daripada kombinasi yang menggunakan MESSR band 3 (MPC-RP 123), yaitu 98,69% dan 97,53%. Sementara *overall accuracy* dari MPC-RP 123 dan MPC-RP 124 secara berturut-turut adalah 97,76% dan 97,90%. Pada kedua kombinasi tersebut terdapat sedikit kesalahan klasifikasi antara kelas *ha-pm* dengan *ha-tm/s* dan antara kelas *ha-tsb* dengan *ha-tbs*. Dalam kombinasi MPC-RP 123 dari 123 piksel, *ha-pm* 13 piksel diklasifikasikan ke kelas *ha-tm/s* dan 14 piksel dari 134 piksel *ha-tm/s* dipetakan ke kelas *ha-pm* dan 1 piksel dari 127 piksel *ha-tsb* dipetakan ke kelas *ha-tbs*. Pada kombinasi ini 1 piksel dari 120 piksel *s/tm-ts* diklasifikasi ke kelas *ha-pm*.

Tabel 3. *Eigenvector* dari UMPC PC kombinasi TM band 2-3-4 dan MESSR 1-2-3 (MPC-RP-123) dan kombinasi TM band 2-3-4 dan MOS 1-2-4 (MPC-RP-124)

Band	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
MPC RP-123						
MESSR1	0.648	-0.301	0.176	0.119	-0.383	-0.551
MESSR2	0.367	0.620	-0.220	0.068	0.552	-0.365
MESSR3	0.098	0.169	0.839	0.434	0.190	0.223
TM2	0.441	-0.558	-0.067	-0.215	0.572	0.366
TM3	0.500	0.386	-0.185	-0.041	-0.443	0.620
TM4	0.033	0.200	0.443	-0.872	-0.035	0.101
Kriteria	SB	-	SG	DB	-	-
MESSR1	0.650	-0.344	0.244	0.237	-0.357	-0.492
MESSR2	0.368	0.580	-0.241	0.012	0.554	-0.437
MESSR3	-0.051	0.204	0.691	0.601	0.282	0.214
TM2	0.445	-0.515	0.006	-0.211	0.581	0.428
TM3	0.516	0.476	-0.097	-0.032	-0.414	0.580
TM4	0.029	0.197	0.645	-0.746	-0.028	-0.125
Kriteria	SB	-	SG	DB	-	-

Tabel 4. Matriks kesalahan kombinasi TM band 2-3-4 dan MESSR band 1-2-4 dengan metode MPC ragam-peragam (MPC-RP 124)

Kelas	Diklasifikasi ke kelas											Total Baris	PA (%)
	ha-pm	ha-tbs	ha-tbb/pr/al	ha-tm/s	ha-ts	ha-tsb	s/tm-ts	tm/s-tt	ts-sb/tmb/lt	ts-ttb	no-change		
ha-pm	108	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	122	88,5
ha-tbs	0	129	0	0	0	1	0	0	0	0	0	130	99,2
ha-tbb/pr/al	0	0	116	0	0	0	0	0	0	0	0	116	100,0
ha-tm/s	10	0	0	122	0	0	0	0	0	0	0	134	92,4
ha-ts	0	0	0	0	132	0	0	0	0	0	0	132	100,0
ha-tsb	0	4	0	0	0	123	0	0	0	0	0	127	96,9
s/tm-ts	0	0	0	0	0	0	120	0	0	0	0	120	100,0
tm/s-tt	0	0	0	0	0	0	0	130	0	0	0	132	100,0
ts-sb/tmb/lt	0	0	0	0	0	0	0	0	128	0	0	128	100,0
ts-ttb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113	0	113	100,0
no-change	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130	130	100,0
Total kolom	118	133	116	136	132	124	120	130	128	113	130	1382	
UA (%)	100,0	99,2	100	98,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,8	
Overall Accuracy									97,90%				
Kappa Accuracy									98,69%				

Pada kombinasi MPC-RP 124 (Tabel 4), 14 piksel dari 122 piksel *ha-pm* diklasifikasikan ke kelas *ha-tm/s*, sebaliknya 10 piksel dari 134 piksel *ha-tm/s* diklasifikasikan ke kelas *ha-pm*. Untuk kelas *ha-tsb*, 4 piksel dari 127 piksel *ha-tsb* diklasifikasikan ke kelas *ha-tbs*. Separabilitas antara kelas kombinasi MPC-RP 123 dan MPC-RP 124 adalah relatif sama, dengan nilai TD > 1996. Pada MPC-RP 123 separabilitas antar kelas 1 dan 4 sangat jelek yaitu 1475. Pada MPC-RP 124, separabilitas antar kelas 1 dan 4 juga sangat rendah yaitu 1267, sementara yang lainnya lebih besar dari 1981. Berdasarkan hasil perhitungan

separabilitas tersebut maka kelas *ha-pm* tidak dapat dipisahkan dengan kelas *ha-tm/s*. Hal ini dikarenakan pemukiman yang ada biasanya berada di sekitar ladang yang penampakkannya mirip dengan semak dan/atau tanaman *A. mangium* berumur muda sehingga tidak dapat dibedakan dengan baik.

Komponen utama multiwaktu terstandarisasi (*Standardized MPC*)

Eigenvector yang diturunkan dari matriks korelasi (*standardized MPC*) kombinasi TM band 2-3-4+MESSR band 1-2-3 (MPC-K 123) dan TM band 2-3-4+MESSR band 1-2-4 (MPC-K 124) disajikan pada Tabel 5. Berdasarkan evaluasi *eigenvector*nya, baik MPC-K 123, maupun MPC-K 124, hanya 3 sumbu pertama yang mempunyai karakteristik sebagai sumbu yang berkaitan dengan deteksi perubahan penutupan lahan, yaitu SG, DG dan DB.

Tabel 5. *Eigenvector* dari *standardized PC* kombinasi TM band 2-3-4 dan MESSR 1-2-3 dan kombinasi TM band 2-3-4 dan MESSR 1-2-4

Band	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
MPC K-123						
MESSR1	-0.405	0.389	-0.425	0.682	0.0191	-0.048
MESSR2	-0.422	0.413	-0.149	-0.475	-0.528	-0.304
MESSR3	0.286	-0.479	-0.669	0.105	-0.362	-0.315
TM2	-0.438	-0.393	0.278	0.325	-0.574	0.376
TM3	-0.435	-0.413	0.272	0.014	0.302	-0.689
TM4	0.442	0.302	0.444	0.439	-0.366	-0.435
Kriteria	SG	DG	DB	-	-	-
MPC K-124						
MESSR1	-0.432	0.349	-0.323	0.746	-0.114	0.135
MESSR2	-0.439	0.349	-0.124	-0.477	0.517	0.392
MESSR3	0.396	-0.450	-0.369	0.256	0.440	0.495
TM2	-0.416	-0.398	0.388	0.265	0.557	-0.372
TM3	-0.405	-0.443	0.330	-0.056	-0.434	0.583
TM4	0.355	0.422	0.696	0.277	0.168	0.325
Kriteria	SG	DG	DB	-	-	-

Kedua kombinasi MPC-K 123 dan MPC-K 124 keduanya menghasilkan overall dan Kappa *accuracy* yang sama, yaitu 99,64 % dan 99,60%. Evaluasi matrik kesalahan menunjukkan bahwa MPC-K 123 menghasilkan lebih banyak kelas yang mengalami konfusi dibandingkan dengan MPC-K 124. Matrik kesalahan dari MPC-K 124 disajikan pada Tabel 6. Kelas *ha-tbs*, 1 piksel dari 130 piksel kelas *ha-tbs* diklasifikasikan ke kelas *ha-ts*, sebaliknya 2 piksel *ha-tsb* dan *ts-sb/tmb/t* diklasifikasikan ke *ha-tbs*. Pada kombinasi MPC-K 124, 4 piksel *ha-tsb* dan 1 piksel *ha-tbb/pr/al* dimasukkan ke kelas *ha-tbs*. Keterpisahan kedua kelas tersebut terpisah termasuk tingkat baik dengan *ha-tbs*. Separabilitas antar kelas yang dihasilkan MPC-K 123 dan MPC-K 124 cukup tinggi, yaitu berkisar antara 1972 s/d 2000 untuk MPC-K 123 dan antara 1997 s/d 2000 untuk MPC-K 124.

Tabel 6. Hasil perhitungan akurasi kombinasi TM band 2-3-4 dan MESSR band 1-2-4 dengan metode MPC-korelasi (MPC-K 124)

Kelas	Diklasifikasi ke kelas											Total Baris	PA (%)
	ha-pm	ha-tbs	ha-tbb/pr/al	ha-tm/s	ha-ts	ha-tsb	s/tm-ts	tm/s-tt	ts-sb/tmb/lt	ts-ttb	no-change		
ha-pm	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	122	100,0
ha-tbs	0	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130	100,0
ha-tbb/pr/al	0	1	115	0	0	0	0	0	0	0	0	116	99,1
ha-tm/s	0	0	0	132	0	0	0	0	0	0	0	134	100,0
ha-ts	0	0	0	0	132	0	0	0	0	0	0	132	100,0
ha-tsb	0	4	0	0	0	123	0	0	0	0	0	127	96,9
s/tm-ts	0	0	0	0	0	0	120	0	0	0	0	120	100,0
tm/s-tt	0	0	0	0	0	0	0	130	0	0	0	132	100,0
ts-sb/tmb/lt	0	0	2	0	0	0	0	0	128	0	0	128	100,0
ts-ttb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113	0	113	100,0
no-change	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130	130	100,0
Total kolom	122	135	117	132	132	123	120	130	128	113	130	1382	99,6
UA (%)	100,0	96,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,7	
Overall Accuracy						99,64%							
Kappa Accuracy						99,60%							

Evaluasi metode deteksi

Berdasarkan evaluasi akurasi dan separabilitas dari metode-metode dan kombinasi band, studi ini memperlihatkan bahwa metode DMC memberikan nilai Kappa tertinggi (99,76% dan 99,76%), diikuti dengan metode MPC-korelasi (99,60% dan 99,60%) dan metode MPC-ragam-peragam (97,53% dan 97,69%) (Tabel 7). Uji statistik menunjukkan bahwa nilai Kappa MPC-ragam-peragam lebih rendah dibandingkan dengan kedua metode lainnya. Sebaliknya nilai Kappa dari metode MPC-korelasi tidak berbeda nyata dengan metode DMC (Tabel 8). Ini berarti bahwa metode MPC-korelasi dan DMC memberikan ketelitian yang cukup tinggi dan yang relatif sama. Berdasarkan separabilitas, MPC-ragam-peragam memberikan hasil yang kurang baik, dimana terdapat 1 kelas yang tidak dapat dipisahkan (Tabel 7).

Tabel 7. Rekapitulasi akurasi, separabilitas dan uji signifikansi (uji 2)

No.	Metode/kombinasi	Kappa accuracy	TD _{avg}	Jumlah kombinasi kelas terpisah					Uji 2 *)
				sangat baik	baik	sedang	jelek	tidak terpisah	
1.	MPC-korelasi								
	a. 123	99,60 %	1999,481	51	4	-	-	-	●●●●●
	b. 124	99,60%	1999,942	53	2	-	-	-	●●●●●
2	MPC-ragam peragam								
	a. 123	97,53 %	1993,759	50	4	-	-	1	●●●●●
	b. 124	97,69 %	1991,734	50	4	-	-	1	●●●●●
3.	DMC								
	a. 123	99,76 %	1999,979	53	2	-	-	-	●●●●●
	b. 124	99,76 %	1999,979	53	2	-	-	-	●●●●●

Keterangan : *) Kombinasi/metode yang dihubungkan oleh garis tersebut menunjukkan bahwa akurasi yang dihasilkan tidak berbeda pada tingkat kepercayaan 95%.

Pada studi ini terlihat bahwa metode DMC lebih unggul dari metode MPC-korelasi dalam hal akurasi. Akan tetapi, separabilitas antar kelasnya relatif sama. Pada metode DMC dan MPC-korelasi, semua kelas dapat dipisahkan dengan baik dan sangat baik. Pada DMC-123, DMC-124 dan MPC-K 124, adalah jumlah kelas dengan nilai separabilitas antar kelasnya adalah sama yaitu 53 sangat baik dan 2 baik secara prosedural metode MPC tampak lebih ringkas dan sangat efektif dalam merangkum informasi perubahan. MPC-terstandarisasi tampak lebih baik dibandingkan dengan yang tidak terstandarisasi. Studi ini sekaligus memperlihatkan bahwa standarisasi terkadang lebih unggul daripada tidak dilakukan standarisasi. Pada penelitian Jaya *et. al.*, (2000), terjadi sebaliknya, dimana standarisasi menghasilkan akurasi lebih rendah.

Metode MPC-korelasi lebih dipilih daripada DMC karena selain memberikan ketelitian tinggi dan yang relatif sama dengan DMC, juga karena metode ini lebih efisien dari segi waktu dan perhitungan. Metode DMC memang sederhana dan mudah dilakukan tetapi memerlukan banyak band, (6 band) sehingga waktu yang dibutuhkan dalam klasifikasi lebih lama dan prosedurnya lebih panjang. Dalam metode MPC, informasi yang ada pada semua band yang digunakan sebagian besar dapat dirangkum dalam beberapa citra PC pertama. Dengan demikian jumlah band yang digunakan dalam metode ini dapat dikurangi menjadi 3 band sehingga waktu yang diperlukan lebih singkat dan perhitungannya lebih sederhana.

Hasil penelitian Jaya (1996) menunjukkan bahwa penggunaan matriks korelasi lebih efektif untuk mendeteksi perubahan penutupan lahan. Metode MPC-korelasi lebih banyak merangkum kriteria perubahan dalam kombinasinya (SG, DG, dan DB) dibandingkan dengan metode MPC-ragam peragam (SB, SG, dan DB). Dengan demikian kombinasi ini dimungkinkan untuk lebih menggambarkan perubahan penutupan lahan yang terjadi. Dari keterangan tersebut maka metode MPC-korelasi dipilih untuk digunakan mendeteksi perubahan.

Penggunaan MESSR band 3 atau band 4 dalam kombinasi MPC-korelasi tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Namun kombinasi MESSR band 4 memberikan nilai keterpisahan yang lebih tinggi, sehingga kombinasi inilah yang dipilih sebagai kombinasi terbaik.

Deteksi perubahan penutupan lahan

Selama interval tahun 1992 sampai 1997 kebakaran yang terjadi tahun 1997 telah menyebabkan perubahan penutupan lahan sebesar 55,21% dari luas areal penelitian, sedangkan 32,54% perubahan disebabkan oleh faktor non kebakaran dan sisanya (15,25%) merupakan areal yang tidak berubah (*no change*). Luas dan komposisi setiap perubahan penutupan lahan tersebut secara ringkas disajikan pada Tabel 8. Perubahan lahan akibat kebakaran pada tahun 1997 di areal penelitian sebagian besar terjadi di kawasan HTI, yaitu sebesar 22.959,09 Ha atau 35,31%.

Kebakaran hutan lebih banyak terjadi pada kawasan hutan tanaman terutama yang berumur muda. Perubahan dari hutan tanaman berumur sedang menjadi tanaman berumur muda terbakar menunjukkan bahwa selama kurun waktu 5 tahun telah terjadi penebangan dan peremajaan. Hanya perubahan tanaman umur sedang menjadi hutan tanaman umur

muda yang terbakar tidak dapat dibedakan dengan yang berubah menjadi semak terbakar sehingga dijadikan satu kelas sebesar 20.127,33 Ha.

Semak terbakar ini menunjukkan adanya kegiatan pembukaan lahan dengan pembakaran yang dilakukan oleh penduduk. Luasan tersebut sudah termasuk kebakaran yang disebabkan oleh pembukaan lahan. Hutan tanaman umur sedang yang dimaksud pada kelas di atas bukan tanaman *A. mangium* melainkan hutan tanaman *Alstonia scholaris* yang tumbuh sebelum dibukanya areal tersebut oleh PT. Musi Hutan Persada tahun 1990.

Luas hutan alam yang terbakar sebesar 12.944,70 Ha (19,90 % dari cakupan penelitian) dimana sebagian besar dari areal hutan alam yang ada yaitu 16,23 % dari areal penelitian (10.556,28 Ha) terbakar dengan tingkat kerusakan sedang pada tingkat pohon. Berdasarkan hasil wawancara, kebakaran di kawasan ini terutama terjadi karena unsur kesengajaan yang dilakukan oleh para penambang kayu secara ilegal.

Studi ini juga menunjukkan areal hutan alam yang terkonversi menjadi hutan tanaman selama periode 1992 – 1997, yaitu sebesar 5.240,07 Ha (8,06%) dan yang terkonversi menjadi areal penggunaan lain yaitu pemukiman penduduk sebesar 4.550,76 Ha (7,00%). Dengan selang waktu 5 tahun perubahan yang disebabkan oleh pertumbuhan vegetasi dapat terdeteksi baik, yaitu sebesar 11.368,35 Ha (17,48%) (tanaman muda → tanaman sedang, tanaman muda → tanaman tua).

Tabel 8. Komposisi dan luas perubahan penutupan lahan menggunakan kombinasi MPC-K 124

No. Kelas	Kelas perubahan lahan Dari → Ke	Luas (Ha)	Persentase (%)
1.	Hutan alam → daerah pemukiman	4.550,76	7,00
2.	Hutan alam → hutan alam terbakar sedang	10.556,28	16,23
3.	Hutan alam → hutan alam terbakar berat/padang rumput/alang-alang	2.388,42	3,67
4.	Hutan alam → hutan tanaman umur muda/semak	2.163,15	3,33
5.	Hutan alam → hutan tanaman umur sedang	3.076,92	4,73
6.	Hutan alam → hutan tanaman umur sedang yang terbakar	88,65	0,14
7.	Semak/hutan tanaman umur muda → hutan tanaman umur sedang	7.547,94	11,61
8.	Semak/hutan tanaman umur muda → hutan tanaman umur tua	3.820,41	5,88
9.	Hutan tanaman umur sedang → semak terbakar/hutan tanaman umur muda terbakar/lahan terbuka	20.127,33	30,95
10.	Hutan tanaman umur sedang → hutan tanaman tua terbakar	2.743,11	4,22
11.	No change (tidak ada perubahan)	7.962,03	12,24
	Total	65.025,00	100,00

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Penggunaan multisensor citra MOS-MESSR dan citra Landsat TM untuk mendeteksi perubahan penutupan lahan yang diakibatkan oleh kebakaran cukup baik dimana dapat diidentifikasi cukup detail dan ketelitian hasil klasifikasi yang dihasilkan cukup tinggi, yaitu lebih dari 90%.
2. Justifikasi citra perlu dilakukan untuk mengurangi adanya kesalahan deteksi sebagai akibat dari perbedaan sensitifitas sensor dan perbedaan kondisi atmosfer,
3. Dalam penelitian ini, metode analisis komponen utama multiwaktu 6-dimensi (*6-dimensional Multitemporal Principal Component*, MPC) yang diturunkan dari matriks korelasi (MPC-K) merupakan metode yang cukup handal untuk mendeteksi perubahan penutupan lahan dengan memberikan akurasi yang cukup tinggi (99,60%) yang setara dengan metode klasifikasi multiwaktu secara langsung (*Direct Multidate Classification*, DMC).
4. Kombinasi multisensor MESSR dan TM mampu memberikan informasi bukan saja karena terjadi perubahan penutupan tetapi juga dapat mendeteksi adanya perubahan biomasa karena pertumbuhan
5. Secara statistik, band 3 dan 4 MESSR mengandung informasi yang overlap dimana hasil klasifikasi baik dengan MPC-K maupun DMC tidak menunjukkan perbedaan yang spesifik. Akan tetapi, penggunaan citra MESSR band 4 memberikan separabilitas (keterpisahan) antar kelas yang lebih tinggi.
6. Kebakaran tahun 1997 di lokasi penelitian sebagian besar terjadi di kawasan HTI, yaitu 22.959,09 Ha (35,31%) sedangkan di kawasan hutan alam sebesar 12.944 Ha (19,90%).

Saran

1. Penggunaan kombinasi multisensor yang lain, seperti SPOT-TM, IRS-TM perlu diuji lebih lanjut mengingat perkembangan teknologi penginderaan jauh cukup berkembang pesat.
2. Uji coba deteksi perubahan juga perlu dilakukan dengan menggunakan resolusi spasial yang lebih tinggi seperti IRS-D dan IKONOS.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal PHPA, 1998. Kawasan Hutan Terbakar tahun 1997 s/d Oktober 1997. Dalam Kantor MNLH dan UNDP, 1998. Kebakaran Hutan dan Lahan di Indonesia Dampak Faktor dan Evaluasi. Jakarta
- Boer, C., 1984. Studi Tentang Kerusakan Akibat Kebakaran di Long Nah, S. Kelinjau dan S. Separi, Kalimantan Timur. Skripsi Jurusan Manajemen Hutan. Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.

- Jaya, I N.S., S. Kobayashi and M.B. Saleh, 1997. Feasibility of Multidate Landsat-5 Data for Monitoring Forest Plantation using Principal Component Analysis : Evaluation of Eigenstructure and Color Composite. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* Vol. 2 (1) : 7-20
- Jaya, I N.S.,1997. Feasibility of Multidate Landsat-5 Data for Monitoring Forest Plantation using Principal Component Analysis II: Evaluation of the Change Detection Accuracy. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* Vol. 3 (1) : 37-46
- Jaya, I N.S.,1996. Monitoring Cover Change Using Multitemporal Landsat TM Data. Desertasi Niigata University